

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-152898

(43)Date of publication of application : 05.06.2001

(51)Int. Cl.

F02D 29/02

B63H 20/08

B63H 20/00

B63H 25/04

F02D 9/02

F02D 11/10

F02D 41/04

F02D 45/00

(21)Application number : 11-342331

(71)Applicant : SANSIN IND CO LTD  
YAMAHA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 01.12.1999

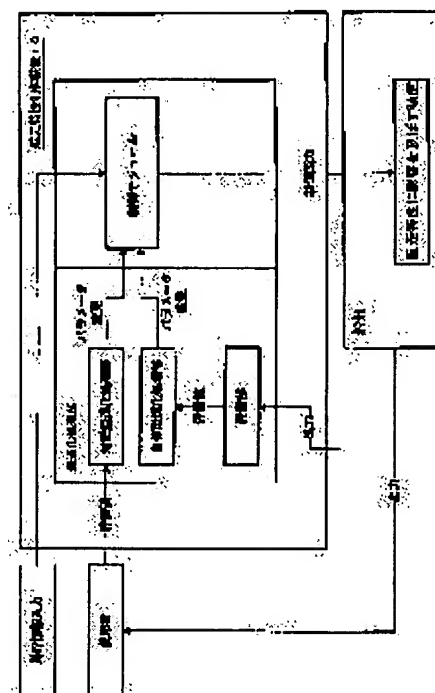
(72)Inventor : HARADA HIROSHI  
MATSUSHITA YUKIO  
KAJI HIROTAKE  
YAMAGUCHI MASASHI

## (54) CRUISING CHARACTERISTIC CONTROL DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cruising characteristic control device and to solve problems according to the conventional technique and allowing an optimum cruising to suit the user's taste, service environment, etc.

SOLUTION: This cruising characteristic control device for a ship equipped with arrangement influencing the cruising characteristics is furnished with a control module which decides the output concerning the manipulated variables of the arrangement, influencing the characteristics on the basis of the input information prescribed and also with an optimizing processing part to optimize the control module on the real-time basis, whereby the characteristics required of a ship are evaluated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】航走特性に影響を及ぼす装置を備えた船舶において、  
所定の入力情報に基づいて前記航走特性に影響を及ぼす装置の操作量に関する出力を決定する制御モジュールを備えた航走特性制御装置を設け、  
前記航走特性制御装置に、船舶としての特性を評価対象として、実時間で、前記制御モジュールを最適化する最適化処理部を設けたことを特徴とする航走特性制御装置。

【請求項2】前記航走特性に影響を及ぼす装置が、原動機を備えた船外機を含み、  
前記航走特性制御装置が、前記原動機の動作特性を制御する制御装置であることを特徴とする請求項1に記載の航走特性制御装置。

【請求項3】前記原動機が、電子スロットル装置及び／又は電子制御燃料噴射装置を備え、  
前記制御装置が、電子スロットル弁開度及び／又は燃料噴射量を制御することを特徴とする請求項2に記載の航走特性制御装置。

【請求項4】前記航走特性に影響を及ぼす装置が、トリム装置を備えた船外機を含み、  
前記航走特性制御装置が、前記トリム装置のトリム角度を制御する制御装置であることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項5】前記航走特性に影響を及ぼす装置が、艇内に設けられる原動機を含み、  
前記航走特性制御装置が、前記原動機の動作特性を制御する制御装置であることを特徴とする請求項1に記載の航走特性制御装置。

【請求項6】前記原動機が、電子スロットル装置及び／又は電子制御燃料噴射装置を備え、  
前記制御装置が、電子スロットル弁開度及び／又は燃料噴射量を制御することを特徴とする請求項5に記載の航走特性制御装置。

【請求項7】前記航走特性に影響を及ぼす装置が、艇体に取り付けられる可動式フラップ装置を含み、  
前記航走特性制御装置が、少なくとも可動式フラップ装置の動作特性を制御する制御装置であることを特徴とする請求項1～6の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項8】前記原動機が、推進力を発生させるための水流を発生させるための原動機であり、  
前記航走特性に影響を及ぼす装置が、前記水流の向きを変更可能なウォータノズルトリム装置を含み、  
前記航走特性制御装置が、少なくとも前記ウォータノズルトリム装置の動作特性を制御する制御装置であることを特徴とする請求項5～8の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項9】前記航走特性制御装置における制御モジ

ールが前記航走特性に影響を及ぼす装置の操作量を出力し、  
最適化処理部が、前記制御モジュールの制御パラメータを最適化するように構成されていることを特徴とする請求項1～7の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項10】前記航走特性制御装置における制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて前記航走特性に影響を及ぼす装置の操作量を出力する基本制御モジュールと、  
所定の入力情報に基づいて前記操作量に対する補正量又は補正率を出力するを備え補正用制御モジュールとを備え、  
前記最適化処理部が、前記補正用制御モジュールの制御パラメータを最適化するように構成されていることを特徴とする請求項1～7の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項11】前記最適化処理部が、  
最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、  
予め設定された評価基準に基づいて最適化処理に関する評価を行う自律型評価部を備えていることを特徴とする請求項1～10の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項12】前記最適化処理部が、  
最適化手法に関する演算を行う最適化演算部と、  
最適化処理に関する使用者意思に基づく評価を入力する手段とを備え、  
前記使用者意思に基づく評価に沿って最適化を行うことを特徴とする請求項1～10の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項13】前記所定の入力情報が、少なくとも艇速、艇加速、艇角、操舵角、スロットル操作量又はエンジン回転数の何れかを含むことを特徴とする請求項9～12の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項14】前記評価対象となる船舶としての特性が、少なくとも燃料消費率及び／又は消費電力を含むことを特徴とする請求項1～13の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項15】前記評価対象となる船舶としての特性が、少なくとも停船時から最高速度に達するまでの時間及び／又は使用者の指定した艇速に対する定速航走制御の追従性を含むことを特徴とする請求項1～14の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項16】前記評価対象となる船舶としての特性が、少なくとも船舶の乗り心地であることを特徴とする請求項1～15の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項17】前記最適化評価部が、ヒューリスティックを用いて最適化に関する演算を行うように構成されていることを特徴とする請求項1～16の何れか一項に記載の航走特性制御装置。

【請求項18】前記ヒューリスティックが進化型計算法であることを特徴とする請求項17に記載の航走特性制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、使用者の好みや使用環境等に応じて最適な航走を可能にする航走特性制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、艇体の後部に取り付けられて使用される船外機は、出荷前に艇体に取り付けた状態で試走して、そのエンジンやトリム装置の特性のセッティングが行われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、通常、船舶は、天候や季節の変化により使用環境が著しく変動し、また、使用者の好みも著しく変動するものなので、全ての使用者があらゆる使用環境下において満足できる航走特性が得られるように船外機のエンジン及びトリム装置をセッティングするのは困難である。このため、船舶を実際に使用する際には、セッティングの時と積載状態が異なり、また、波などの外乱も受けるので、セッティング時と使用環境が著しく異なることが多いため試走の段階でセッティングされた特性が必ずしも最適なものであるとは限らず、場合によっては、使用者に乗り心地が悪いと感じられることもある。このような問題点は、船外機を搭載するタイプの船舶に限らず、艇内に原動機を搭載した船舶や、可動式フラップ装置を取り付けた船舶にも共通している。本発明は、上記した従来の問題点を解決し、使用者の好みや使用環境等に応じて最適な航走を可能にする航走特性制御装置を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明に係る航走特性制御装置は、航走特性に影響を及ぼす装置を備えた船舶において、所定の入力情報に基づいて前記航走特性に影響を及ぼす装置の操作量に関する出力を決定する制御モジュールを備えた航走特性制御装置を設け、前記航走特性制御装置に、船舶としての特性を評価対象として、実時間で、前記制御モジュールを最適化する最適化処理部を設けたことを特徴とするものである。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に示した幾つかの実施例を参照しながら本発明に係る航走特性制御装置の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る航走制御装置の一実施例を示す概略ブロック図である。図面に示すように、この航走制御装置は、適当な外界情報を入力情報とし、その入力情報に基づいて、航走特性に影響を及ぼす装置の操作量に関する情報を決定し、出力

する制御モジュールを備えている。この制御モジュールは、好ましくは、ファジィ推論システムを採用している制御モジュール、例えば、ファジィ制御器、ファジィ意志決定システム又はファジィニューロ制御器であり得るが、これに限定されるものではない。また、この航走制御装置は、最適化処理部を備え、この最適化処理部は、対話型進化処理部及び／又は自律型進化処理部を有し、これらの進化処理部により船舶としての特性を評価対象として、実時間で、前記制御モジュールのパラメータを最適化する。最適化されるべきパラメータは、制御モジュールに関するパラメータであれば任意のパラメータでよく、例えば、ファジィ推論システムを採用している場合には、メンバシップ関数の数、形状、位置及び広がりを決めるためのパラメータ、ファジィルール、又は入出力値の規格化係数等が挙げられる。また、最適化のための評価については、対話型進化処理部に対しては使用者が直接行い、また、自律型評価処理部に対しては予め所定の評価基準に基づいて設計された評価部によって行われる。このように、船舶としての特性を評価対象として、実時間で、航走特性に影響を及ぼす装置の動作特性を最適化できるように構成することで、船舶の特性を使用者の好みや使用環境に実時間で適合させることが可能になる。

【0006】次に、本発明に係る航走特性制御装置の適用例を制御対象を特定した実施例を挙げて説明していく。図2～図17は、本発明に係る最適化方法を滑走艇の船外機及びトリム装置に適用した実施例を示している。図2は、船外機及びトリム装置と制御装置との関係を示す概略図である。図中、符号10は制御装置を示しており、この制御装置10は、艇体の変化や外乱に応じた定速航走制御及び加速最適化制御を実現する最適な操船特性及び加速特性を獲得し、また、使用者の好み、即ち、使用者が異なる場合は勿論のこと、同一の使用者の好みの時間的変化、例えば、春と秋で操船の好みが変化するような場合に応じて最適な操船特性及び加速特性を獲得するように構成されている。なお、本実施例において、「操船特性」とは、電子スロットル弁操作とトリム操作による船速制御特性のことを意味する。制御装置10は、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度、スロットル開度等の情報を入力し、これらの入力情報に基づいて電子スロットル弁と、油圧シリンダ及び油圧ポンプを備えたトリム装置とを操作することにより、吸入空気量及び船体の姿勢を制御し、定速航走制御及び加速最適化制御を行う。

【0007】図3及び図4は、制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。図面に示すように、この制御装置10は定速航走制御部及び加速最適化制御部を有する。定速航走制御部は、図3に示すように、所定の入力情報に基づいて電子スロットル弁の開度とトリム角度を決定する操船ファジィ制御モジュールと、前記操船

ファジィ制御モジュールの規格化係数を最適化する自律型進化処理部と、自律型進化処理部の評価を行う操船性評価部と、前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールを最適化する対話型進化部とを有する。また、加速最適化制御部は、図4に示すように、所定の入力情報に基づいてトリム角度を決定するトリム制御モジュールと、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを最適化する自律型進化処理部と、自律型進化処理部の評価を行う加速性評価部と、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを最適化する対話型進化処理部とを有する。尚、前記「規格化係数」とは、入出力情報の大きさを調整する係数を意味する。

【0008】1. 定速航走制御部における制御：操船ファジィ制御モジュールは、ファジィ推論システムとして、例えば、簡略推論法を採用しており、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度に対する電子スロットル弁開度変化量とトリム角度変化量とを出力する。前記ファジィルールテーブルは、熟練者の操船知識を基に設計され得、簡略推論法におけるファジィルールは実数値で表される。定速航走制御部における自律型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図5に示すように前記操船ファジィ制御モジュールの規格化係数をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの規格化係数の最適化を行う。自律型進化処理中の各個体の評価は、目標となる操船特性、例えば、使用者が定めた速度に対する実速度の偏差が目標値以下に近づくほど評価値が高くなるように設定された評価部が行うように構成されており、その結果、操船ファジィ制御モジュールの規格化係数は目標となる操船特性に向けて自動的に最適化され、使用環境や艇体に変化した場合においても、最適な操船特性が得られるようになる。このように、進化処理における評価を、予め設計された評価部により行い、最適化を自動的に行えるようにする方法を本明細書では自律型評価を称する。また、操船制御部における対話型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図6に示すように前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらのファジィルールテーブルの一部の最適化を行う。対話型最適化処理中の各個体の評価は、使用者が実際に体感する乗り心地に基づいて行うように構成されており、その結果、操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部は使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な操船特性が得られるようになる。このように、進化処理における評価を使用者が行う方法を本明細書では対話型評価と称する。次に、上記した定速航走制御部における進化処理について説明していく。図7は、定速航走制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。上述のように、この制御装置では、進化処理を行う際に、定

速航走制御部の自律型進化処理部については自律型評価を行い、対話型進化処理部については対話型評価を用いている。評価方法が異なると最適化処理の流れが異なるので、以下の説明では自律型評価方法を採用した進化処理と対話型評価方法を採用した進化処理とを分けて説明する。

#### a. 自律型進化処理部における進化処理

図7に示すように、始めに規格化係数の初期値を予め決めた範囲内でランダムに決定し、複数の初期個体からなる第1世代を生成する(ステップ1-1)。そして、第1世代の全ての個体に対する定速航走制御評価を行う(ステップ1-2)。ここで、定速航走制御評価について簡単に説明すると、時分割により複数の個体を擬似的に並行に動作させ、その期間の合計での評価値を比較する。具体的には、エンジン回転数の使用域に応じて評価を変更し、例えば、エンジンの低回転域を用いるトルーリングの場合には、図8に示すように、10個の個体について、1分ずつ制御を行い、目標速度に対する実速度の差の絶対値をサンプリングタイム毎に合計し、これを1サイクルとして20サイクル繰り返し、評価期間内の総合計を評価値として算出する。こうすることで、気象や海象(具体的には、例えば、風や波)等の外乱による影響を、各個体でトータルとして揃えられるため、各個体の特性を公平に評価することができる。また、エンジンの高回転域を用いるクルージングの場合、前記した評価方法に加えて、高速時に発生する不安定な挙動、即ち、艇体が上下に揺れるピッチングや、左右に振られるダッチロールを抑制するために、ピッチング、又はダッチロールを検出した場合には、個体の評価値として0を与え、トリム角をピッチング、又はダッチロールが発生しない角度まで減少させることで艇体を安定させ、以降その角度を最大トリム角として各個体の評価を行う。こうすることで、高速時に不安定な挙動が発生することを防止することができる。上記した評価値計算処理(ステップ1-2)で得られた各個体の評価値に基づいて、それが最適な操船特性か否かを評価し(ステップ1-3)、評価の結果、最適な操船特性が獲得できたか否かを判断する(ステップ1-4)。そして、最適な操船特性が得られていた場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、進化的計算モジュールに入り、次世代の個体群を生成する(ステップ1-5)。

#### b. 対話型進化処理部における進化処理

図7に示すように、対話型進化処理部には通常制御モードと進化モードとがある。通常制御モードと進化モードの切り換え(ステップ2-1)は、予め決められた条件、例えば、時間に基づいて行ってもよく、また、図9に示すようなインターフェイスを介して使用者の意志に基づいて行ってもよい。通常制御モードでは、その時点で確定しているファジィルールテーブルを用いてファジィ制御を行い、同時に進化モードに切り替わるまでの各

ファジィルールの適合度の累計を求める(ステップ2-2)。具体的には、図10に示すように、ある時刻における各ファジィルールの適合度を演算する適合度テーブルの演算結果を、進化モードに切り替わるまでの適合度の累計を演算する累計テーブルに加算し(ステップ2-3)、これを進化モードに切り替わった時点で終了する。進化モードに切り替わると、図7に示すように、累計テーブルを参照して、対応する任意の数のファジィルールの、累計の大きいものから順に染色体にコード化し(ステップ2-4)、これを初期値として正規分布に従った摂動を加え、複数の初期個体から成る第1世代を生成する(ステップ2-5)。そして、第1世代のいずれかの個体のパラメータを用いて試乗を行い(ステップ2-6)、その個体に対する評価値が使用者が入力する(ステップ2-7)。前記評価値に基づいて、好みの操船特性が得られたか否かを判断し(ステップ2-8)、得られたと判断した場合には、その個体を最優良個体として進化処理を終了し、得られていない場合には、1世代の全ての個体に対して試乗及び評価が終了しかた否かを判断する(ステップ2-9)。全ての個体及び評価が終了していない場合には、ファジィ制御モジュールのファジィルールを別の個体のものに変更し(ステップ2-10)、再び試乗を行わせる(ステップ2-6)。また、全ての個体に対する試乗及び評価が終了した場合には、規定世代数に達したか否かを判断し(ステップ2-11)、達したと判断した場合には、その世代で最も評価値の高い個体を最優良個体として進化処理を終了し、達していないと判断した場合には進化型計算モジュールに入り(ステップ2-12)、次世代の個体群を生成し、再び、それらの個体のファジィルールを用いた試乗及び評価を行う。以上の処理は、好みの操船特性が得られるか、規定世代数に達するまで繰り返行われ、その結果、操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルの一部は得られた個体のファジィルールに置き換えられ、累計テーブルは0に初期化される(ステップ2-13)。その後、再び、通常制御モードに切り替わると、置き換えられたファジィルールテーブルを用いてファジィ制御を行い、進化モードに切り替わるまで、この時の各ファジィルールの適合度の累計を求める。上記した処理を繰り返すことによって、適合度の累計の高い、即ち、現在の環境においてよく使用される領域のファジィルールについて、集中して最適化を行うことが可能となり、また、あまり使用されていない領域のファジィルールを変更することがないため、環境が急変し、あまり使用されていない領域のファジィルールが使用された場合でも、安定した制御を行うことが可能になる。

#### 【0009】2. 加速最適化制御部における制御

トリム制御モジュールは、速度に対するトリム変化量を出力する。図11は、船舶の速度-抵抗曲線とトリム位置との関係を示すグラフである。図11に示すように、

船舶の速度-抵抗曲線はトリム位置によって大きく異なる。艇体と水面との間に発生する抵抗は、大きく造波抵抗と摩擦抵抗とに分けることができる。造波抵抗とは、船舶の推進時に自らが発生する波による抵抗であり、摩擦抵抗とは艇体と水面との摩擦によって発生する抵抗である。低速域では、増速するに従って造波抵抗が増加し、ある速度において極限となる。この状態はハンブと呼ばれ、ハンブは、トリム角が最も小さな状態であるフルトリムインの時に最も小さく、トリム角が最も大きな状態であるフルトリムアウトに近づくにつれて次第に大きくなる。ハンブを超えると、造波抵抗は次第に小さくなり、やがてプレーニング状態となる。プレーニング時における摩擦抵抗は、フルトリムインの時に最も大きく、フルトリムアウト付近で最も小さくなる。通常、手で停船時から最高速度まで加速を行う場合、フルトリムインの状態からスロットルを全開にし、ハンブを超えた時点から、次第に、トリムをピッチング及びダッチロールの発生しないトリム角まで、アウト側に操作する。こうすることで、造波抵抗と摩擦抵抗とを押さえることが可能になり、結果として、停船時から最高速度に達するまでの時間が短縮される。しかしながら、トリムを操作するタイミング、操作する速度並びに最終的なトリム角は、艇体の種類が外乱によって大きく異なり、また、高度な操作技術を要求する。加速最適化制御部における自律型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、図12に示すようにトリム制御モジュールの制御パラメータ(トリムアウト開始速度T1、トリム作動速度T2、最終トリム角度T3)をコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの制御パラメータの最適化を行う。自律型進化処理中の各個体の評価は、目標となる加速特性、例えば、停船時から定められた速度に達するまでの時間が短いほど、評価値が高くなるように設定された評価部が行うように構成されており、その結果、トリム制御モジュールの制御パラメータは目標となる加速特性に向けて自動的に最適化され、使用環境や艇体に変化した場合においても、最適な加速特性が得られるようになる。また、加速最適化制御部における対話型進化処理部は、例えば、遺伝的アルゴリズムを採用しており、トリム制御モジュールの制御パラメータをコード化して個体を生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて、これらの制御パラメータの最適化を行う。対話型最適化処理中の各個体の評価は、使用者が、実際に体感する乗り心地に基づいて行うように構成されており、その結果、トリム制御モジュールの制御パラメータは使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な加速特性が得られるようになる。自律型進化処理部と対話型進化処理部の切り替えは予め定められた条件、例えば、時間に基づいて行っても良く、また、図7に示すようなインターフェイスを介して、使用者の意思に基づいて行ってもよい。具体的には、まず自

律型進化処理部で進化処理を行い、そこで得られた最適な加速特性を基に、対話型進化処理部で進化処理を行い、使用者の好みに合うように微調整を行うように構成しても良く、また、自律型進化処理中に、使用者の気に入らないような個体が発生した場合は、使用者がその場で評価値0を与え、次個体に切り替えるように構成してもよい。次に、上記した加速最適化制御部における進化処理について説明していく。図13は、加速最適化制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

#### a. 自律型進化処理部における進化処理

図13に示すように、始めに制御パラメータの初期値を予め決められた範囲でランダムに決定し、複数の初期個体からなる第1世代を生成する(ステップ1-1)。そして、第1世代の全ての個体に対する加速最適化制御評価を行う(ステップ1-2)。ここで、加速最適化制御評価について簡単に説明すると、1個体につき1回、停船状態から定められた速度までスロットル全開で加速し、定められた速度に達するまでの時間を評価値として算出する。上記した評価値計算処理(ステップ1-2)で得られた各個体の評価値に基づいて、それが最適な加速特性か否かを評価し(ステップ1-3)、評価の結果、最適な加速特性が獲得できたか否かを判断する(ステップ1-4)。そして、最適な操船特性が得られていた場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、進化型計算モジュールに入り、次世代の個体群を生成する(ステップ1-5)。

#### b. 対話型進化処理部における進化処理

図13に示すように、始めに制御パラメータの初期値を予め決められた範囲でランダムに決定し、複数の初期個体からなる第1世代を生成する(ステップ1-2)。そして、第1世代の何れかの個体のパラメータを用いて試乗を行い(ステップ2-2)、その個体に対する評価値を使用者が入力する(ステップ2-3)。前記評価値に基づいて、好みの加速特性が得られたか否かを判断し(ステップ2-4)、得られたと判断した場合には進化処理を終了し、得られていない場合には、1世代の全ての個体に対して試乗及び評価が終了したか否かを判断する(ステップ2-5)。全ての個体に対する試乗及び評価が終了していない場合には、トリム制御モジュールのパラメータを別の個体のものに変更し(ステップ2-6)、再び試乗を行わせる(ステップ2-2)。また、全ての個体に対する試乗及び評価が終了した場合には、進化型計算モジュールに入り(ステップ2-7)、次世代の個体群を生成し、再び、それらの個体のパラメータを用いた試乗及び評価を行う。これらの処理は好みの加速特性が得られるまで繰り返し行われ、その結果、トリム制御モジュールのパラメータは最適化される。ここで、対話型を採用した加速特性の評価について説明すると、1個体につき1回、停船状態から定められた速度までスロットル全開で加速し、使用者が体感した加速感及

び乗り心地に基づいて評価値を入力する。

【0010】ここで、進化型計算モジュールの幾つかの例について説明する。

#### a. 遺伝的アルゴリズム (GA)

図14は、進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。このモジュールでは、1世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。スケーリング(ステップ1)については、個体群内の最大適応度と平均適応度との比率が一定となるように適応度の線形変換を行う。選択(ステップ2)については、使用者の評価値(適応度)に比例して確率的に選択するルーレット選択方式が採用され得る。また、ランダムに選んだn個の個体の中で最良の評価値を持つものを選択するトーナメント選択方式を用いることもできる。交叉(ステップ3)には、1点交叉、2点交叉、又は正規分布交叉等の手法がある。尚、交叉のために選択された親が同一の個体であることもおこり得るが、これを放置すると個体群としての多様性が失われることになるので、交叉に選択された親が同一の個体の場合には、他の選択された個体と入れ換えて、可能な限り、同じ個体の交叉を避ける。突然変異(ステップ4)については、個体の各遺伝子座について一定の確率で、ランダムに値を変更する。そのほかにも正規分布に従う摂動を加える方法も考えられる。異なる個体を交叉の親として選択したにもかかわらず、それらが遺伝的にみて全く同一である場合には、交叉する親の両方について、通常より高い確率で突然変異を生じさせる。また、上記の他に、一度に1世代の全ての個体を置き換える「再生」と呼ばれる世代交代の手法を用いてもよい。さらに、厳密に世代交代を適用した場合、評価の高い個体を破壊してしまう恐れがあるため、エリート(高い評価を獲得した任意の数の個体)を無条件に次世代に残すエリート保存戦略を合わせて用いてもよい。

#### b. 進化戦略 (ES)

図15は、進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。このモジュールでは、1世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。選択(ステップ1)については、進化戦略の種類により選択の仕方が異なるので、ここでは、代表的な2種類の手法について説明する。 $(\mu, \lambda)$ -ESと呼ばれる進化戦略の場合、 $\mu$ 個の親個体から生成された $\lambda$ 個の子個体の中から、適応度の良いものから順に $\mu$ 個を確定的に選択する。 $(\mu + \lambda)$ -ESと呼ばれる進化戦略の場合、 $\mu$ 個の親個体と $\lambda$ 個の子個体とを合わせた個体群の中から、適応度の良いものから順に $\mu$ 個を確定的に選択する。進化戦略には、上記の他に下記のような手法があり、これらを用いる場合には、これらの手法に合わせた選択の仕方を行う。



- ・ (1, 1) - ES : ランダムウォーク (RW)
- ・ (1+1) - ES : ヒルクライミング (HC)
- ・ (1,  $\lambda$ ) - ES, (1+ $\lambda$ ) - ES : 近傍探索法
- ・ ( $\mu+1$ ) - ES : 連続世代型多点探索法

交叉 (ステップ2) については、正規分布交叉を用いるが、パラメータごとに親の値を継承したり、中点、内分点又は外分点を子の値としてもよい。突然変異 (ステップ3) については、各パラメータに対して正規分布に従う摂動を加える。このとき、正規分布の分散はパラメータごとに調整を行っても良いし、パラメータ間の相関を持たせてもよい。以上説明したように進化戦略 (ES) は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変換が不要になるという利点がある。また、正規分布交叉などの実数の連続性を考慮した交叉方法を用いることで、遺伝的アルゴリズムにおいてよく用いられるバイナリコードやグレイコードを1点交叉や多点交叉させるものよりも、親の形質を強く子の形質に反映させることができる。

#### c. 進化的プログラミング (EP)

図16は、進化型計算手法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。スケーリング (ステップ1) については、個体数が  $\mu$  個の場合、摂動を加える前の個体と摂動を加えた後の個体を合わせた  $2\mu$  個の個体について、それぞれランダムに選んだ  $q$  個の個体と比較し、勝っている数をその個体の適合度とする。選択 (ステップ2) は、生成された個体群の中から適応度のよいものから順に  $\mu$  個を選択する。選択は確定的であるが、スケーリングが確率的であるので、実質的には選択は確率的となる。以上説明した進化的プログラミング (EP) は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変化が不要になるという利点がある。また、交叉を用いないので、表現型に制約がない。遺伝的アルゴリズムは進化戦略のようにパラメータをストリング状にする必要がなく、木構造等でもよい。

【0011】本実施例で説明した滑走艇は、天候や季節の変化により使用環境が著しく変動し、また、使用者の好みも著しく変動するものなので、全ての使用者があらゆる使用環境下において満足できる船速制御特性を設計の段階や出荷前のセッティングの段階で獲得することは実質的に不可能な制御対象であり、また、通常、船外機と船体とが別個に製造されるため、最適な船速制御を行うためには、使用環境及び使用者の特性に加えて、船体に合わせたスロットル制御及びトリム角制御が必要となり、制御装置にファジィ制御器を用いている場合、全ての条件に合わせてファジィ制御器の特性の最適化を行うのは非常に困難だが、以上説明したように、電子スロットル弁操作及びトリム操作を制御する制御装置10の操

船ファジィ制御モジュールのパラメータを、進化型計算を用いて実時間で最適化できるように構成することによって、これらの全ての条件に合った船速制御を行うことが可能になるという顕著な効果を奏する。

【0012】以上説明した実施例では、エンジン回転数、速度、加速度、ステアリング角度等の情報を入力し、これらの入力情報に基づいて電子スロットル弁及びトリム装置を操作することにより、吸入空気量及び艇体の姿勢を制御することで定速航走制御を行い、定速航走制御部は、所定の入力情報に基づいて電子スロットル弁の開度とトリム角度を操船ファジィ制御モジュールによって決定し、前記操船ファジィ制御モジュールの規格化係数を自律型評価を用いて最適化を行い、前記操船ファジィ制御モジュールのファジィルールを対話型評価を用いて最適化し、また、速度を入力し、入力情報に基づいてトリム装置を操作することにより、姿勢を制御することで加速制御を行い、加速最適化制御部は、所定の入力情報に基づいてトリム角度をトリム制御モジュールによって決定し、前記トリム制御モジュールの制御パラメータを自律型評価及び対話型評価を用いて最適化した航走制御装置について説明しているが、本発明に航走制御装置は、上記した実施例に限定されることなく、例えば、評価を燃費消費率及び／又は消費電力に基づいて行ってもよく、使用者の乗り心地に基づいて行ってもよく、また、加速最適化制御部が電子スロットル制御モジュールを備えるように構成してもよい。また、上記した実施例では、滑走艇の船外機及びトリム装置について最適化を行うように構成されているが、これは本実施例に限定されることなく、例えば、図17に示すように、エンジン及びウォータノズルトリム装置と、艇体とを組み合わせる組合せ完成品として使用されるパーソナルウォータクラフトにおけるエンジン及びウォータノズルトリム装置を単位装置として、本発明を適用した場合には、エンジンにおける電子スロットル弁装置及びウォータノズルトリム装置を制御する制御装置をパーソナルウォータクラフトとしての特性を評価基準として最適化して、吸入空気量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になり、また、図18に示すように、艇体と、ガソリンエンジンを搭載した船外機及びトリム装置とを組み合わせる組合せ完成品として使用される滑走艇における船外機及びトリム装置を単位装置として、本発明を適用した場合には、エンジンにおける電子スロットル弁装置とトリム装置とを制御する制御装置を滑走艇の特性を評価基準として最適化して吸入空気量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になり、さらに、図19に示すように、艇体と、ディーゼルエンジンを搭載した船外機及びフラップ可動装置とを組み合わせる組合せ完成品として用いられる滑走艇における船外機及びフラップ可動装置を単位装置として本発明を提供する場合には、エンジンにおける燃料噴射装置とフラップ可動装置とを制御す

る制御装置を滑走艇の特性を評価基準として最適化して燃料噴射量及び艇体の姿勢の制御の最適化を行うことが可能になる。

#### 【0013】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、航走特性に影響を及ぼす装置を備えた船舶において、所定の入力情報に基づいて前記航走特性に影響を及ぼす装置の操作量に関する出力を決定する制御モジュールを備えた航走特性制御装置を設け、前記航走特性制御装置に、船舶としての特性を評価対象として、実時間で、前記制御モジュールを最適化する最適化処理部を設けているので、多種多様に変化し易い使用者の好みや使用環境に、その都度適合した最適な航走特性を得ることが可能になるという効果を奏する。船外機は、艇体とは別個の製造され、取り付けられる艇体の種類も多種多様なので、使用者の好みや使用環境だけでなく、艇体との適合性も要求されるので、全てに適合した特性を得るのは非常に困難だが、請求項2に係る発明によれば、前記航走特性に影響を及ぼす装置が船外機であるので、上記したような問題点を解消できるという効果を奏する。また、請求項10に係る発明によれば、前記最適化処理部が、予め設定された評価基準に基づいて最適化処理に関する評価を行うので、使用者に最適化処理に関する負担をかけることがないという効果を奏する。さらにまた、請求項11に係る発明によれば、前記最適化処理部が、最適化処理に関する使用者意思に基づく評価を入力する手段とを備え、前記使用者意思に基づく評価に沿って最適化を行うので、最適化処理に使用者の好みを反映させることができるので、より使用者の好みに合った特性を得ることができ、また、使用者に、自分が最適化に参加しているという楽しみを与えることができるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る航走特性制御装置の一実施例を示す概略ブロック図である。

【図2】 船外機及びトリム装置と制御装置との関係を示す概略図である。

【図3】 制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図4】 制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図5】 操船ファジィ制御モジュールの規格化係数と、それをコード化して生成された個体との関係を概念的に示す図である。

【図6】 操船ファジィ制御モジュールのファジィルールテーブルと、その一部をコード化して生成された個体との関係を概念的に示す図である。

【図7】 定速航走制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】 複数の個体を時分割で評価する時の時分割の仕方の一例を示すグラフである。

【図9】 通常制御モードと進化モードの切り換えを行うインターフェースの一例を示す図である。

【図10】 ファジィルールの適合度の累計を求め方の一例を示す図である。

【図11】 船舶の速度—抵抗曲線とトリム位置との関係を示すグラフである。

【図12】 加速最適化制御部における自律型進化処理部で用いられる個体の一例を示す図である。

【図13】 加速最適化制御部の進化処理の流れを示すフローチャートである。

【図14】 進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図15】 進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

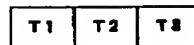
【図16】 進化型計算手法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図17】 本発明の別の適用例を示す概略図である

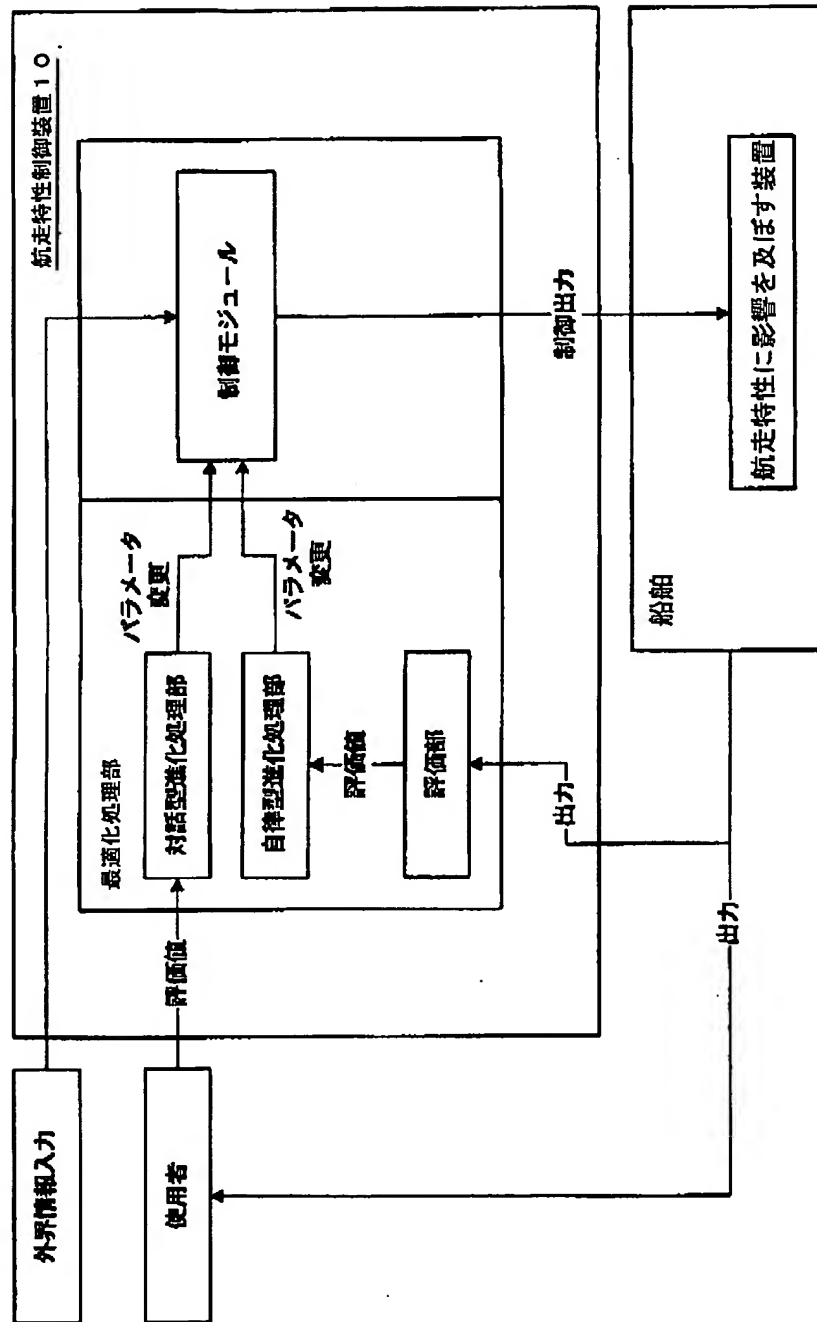
【図18】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

【図19】 本発明のさらに別の適用例を示す概略図である。

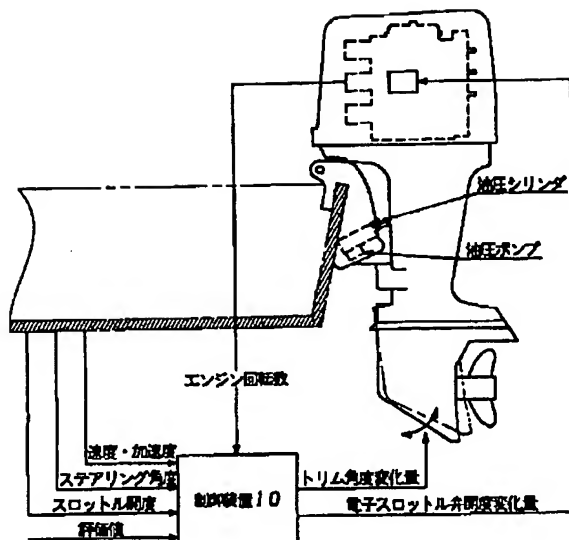
【図12】



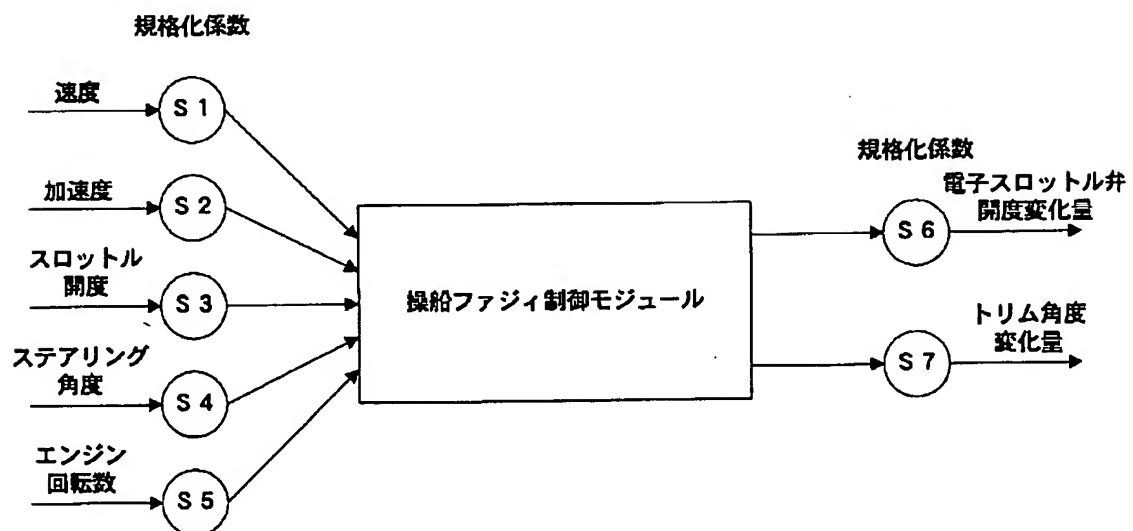
【図1】



【図2】

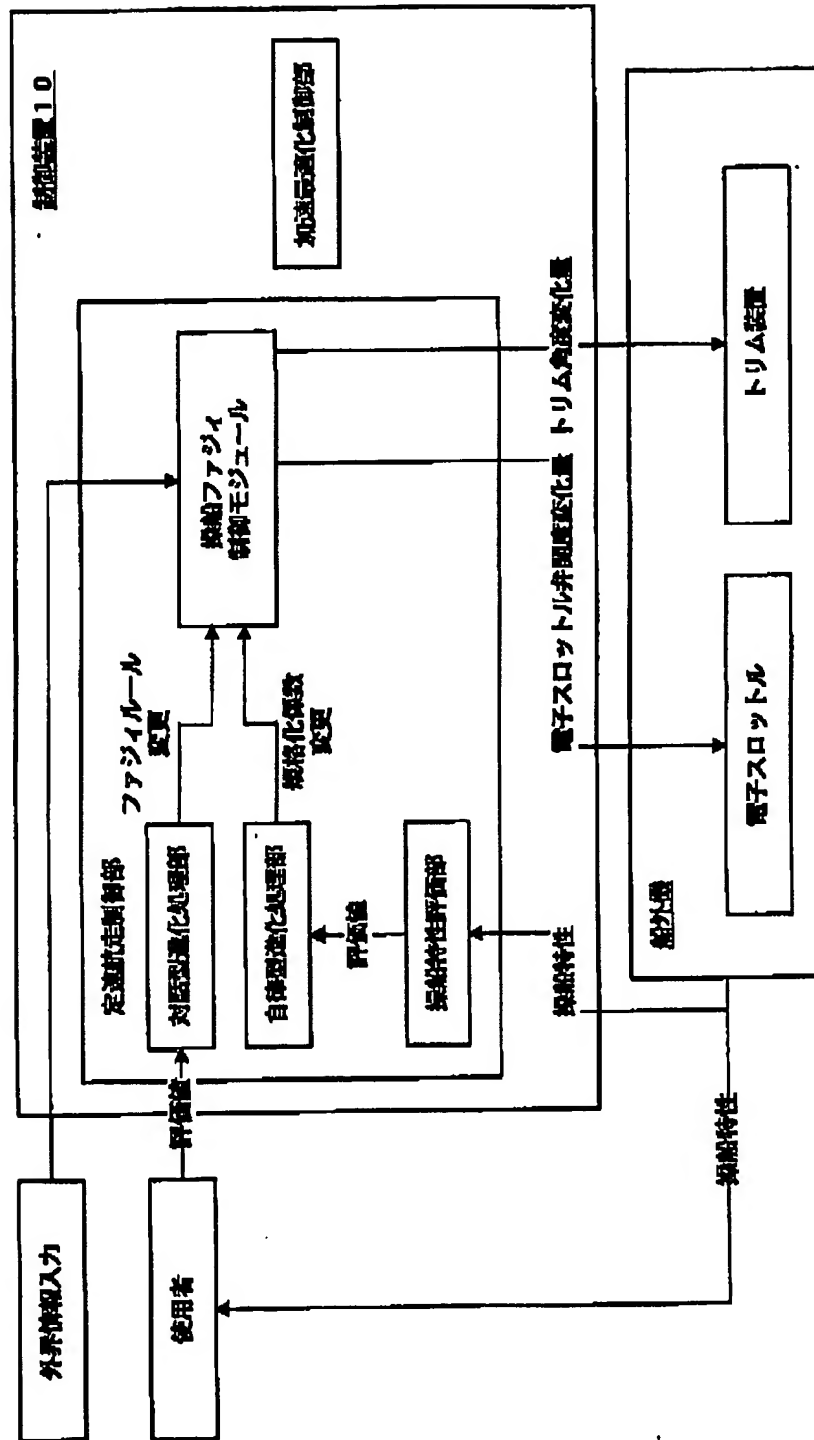


【図5】

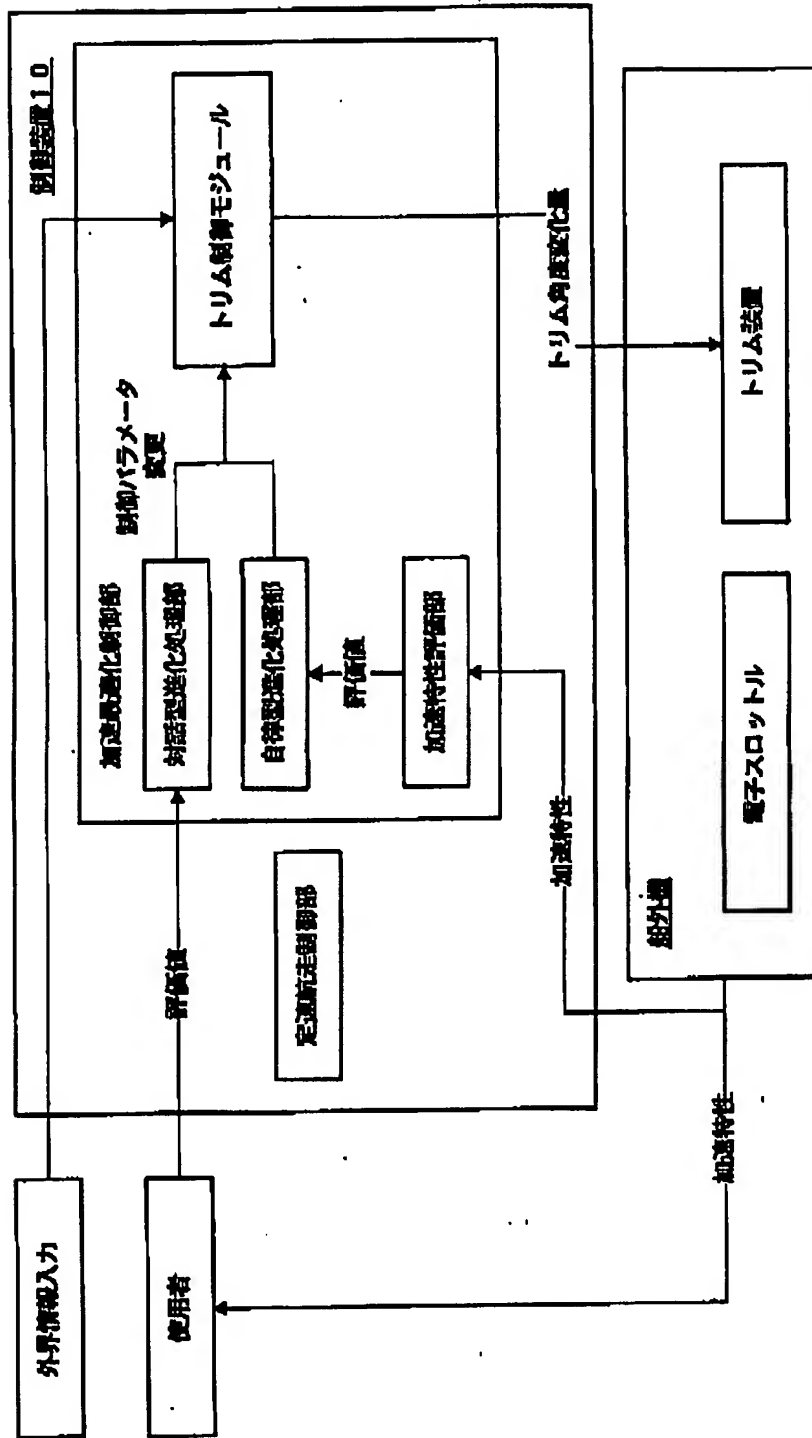


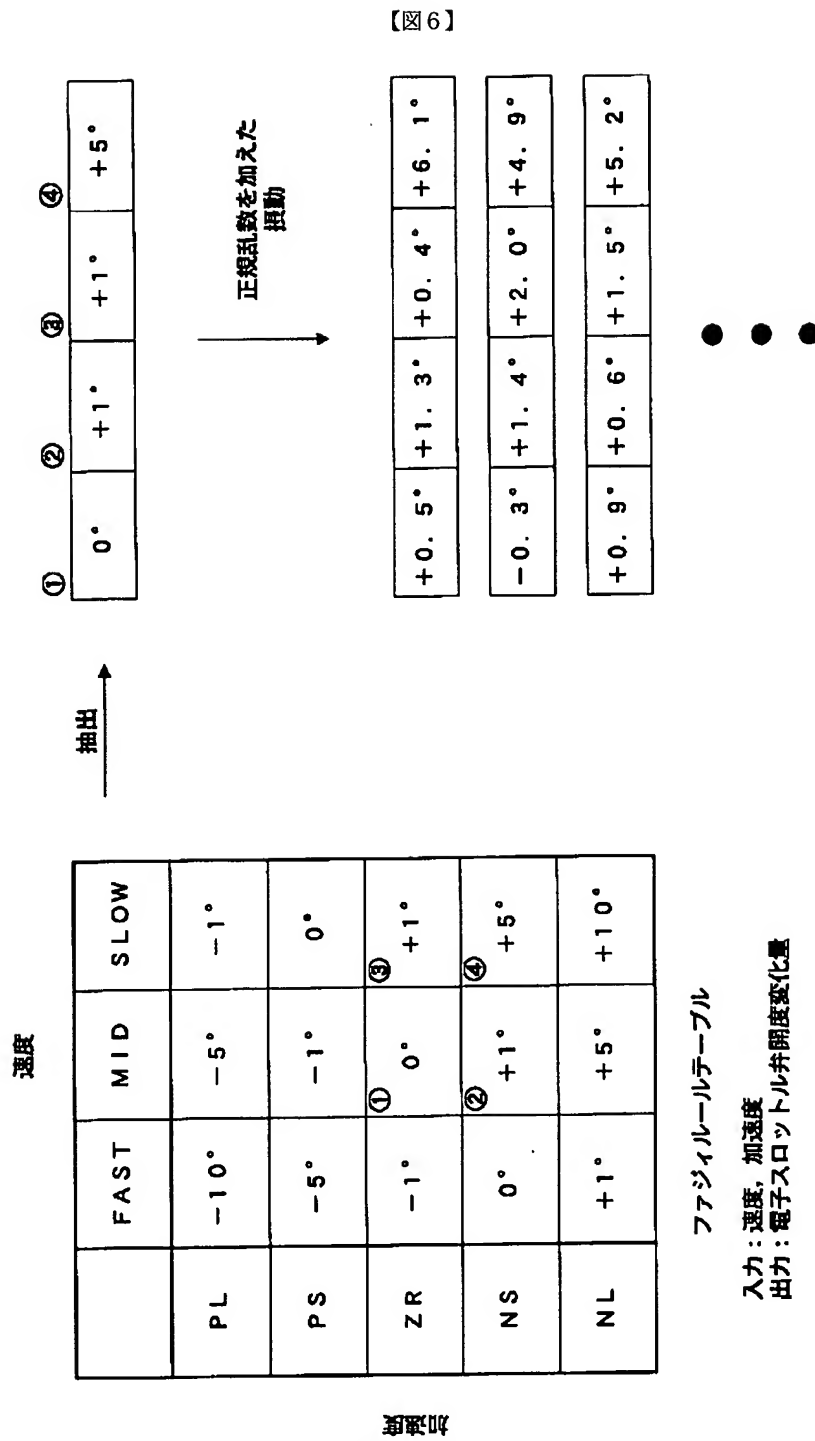
S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

【図3】

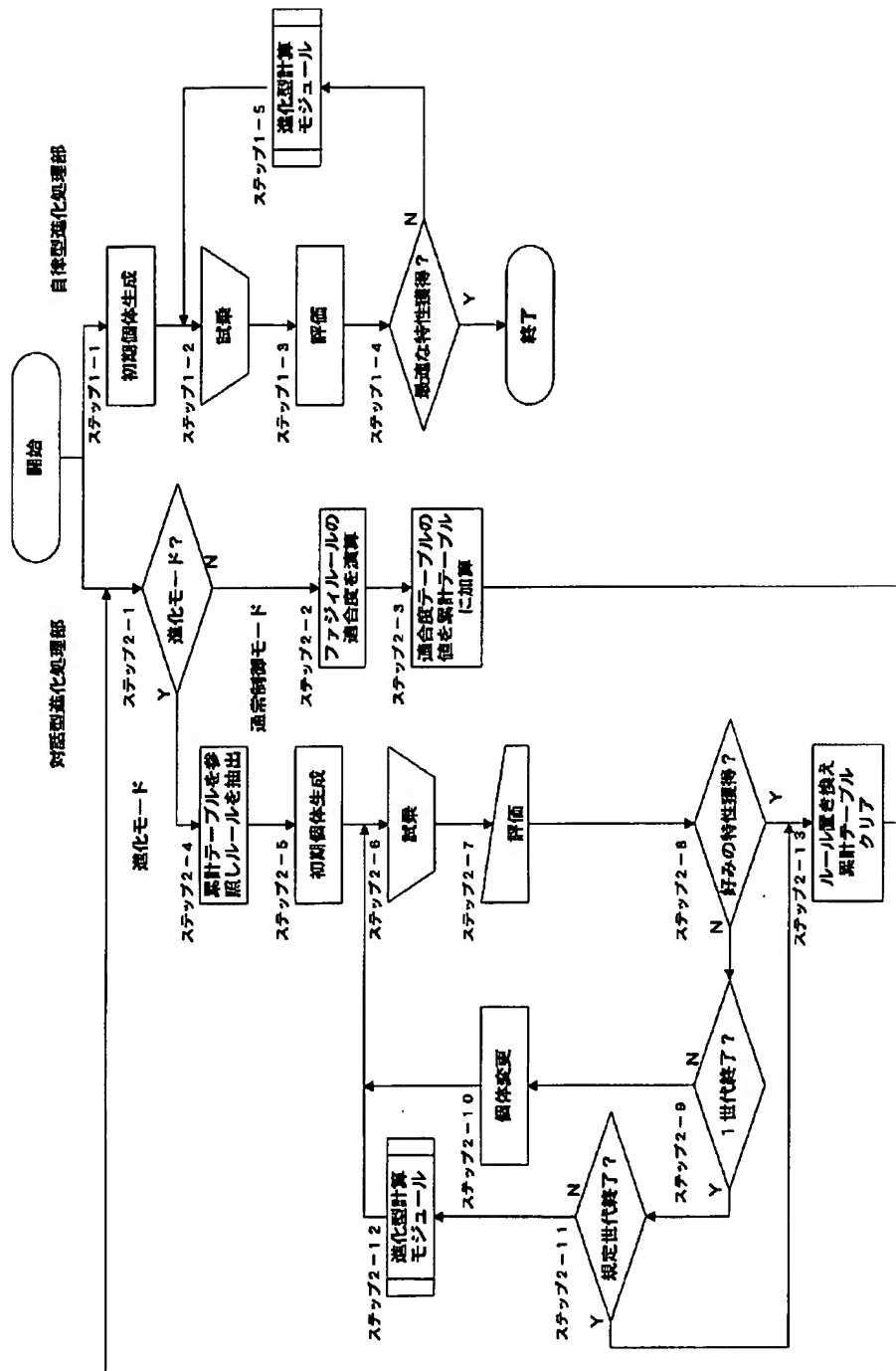


【図4】



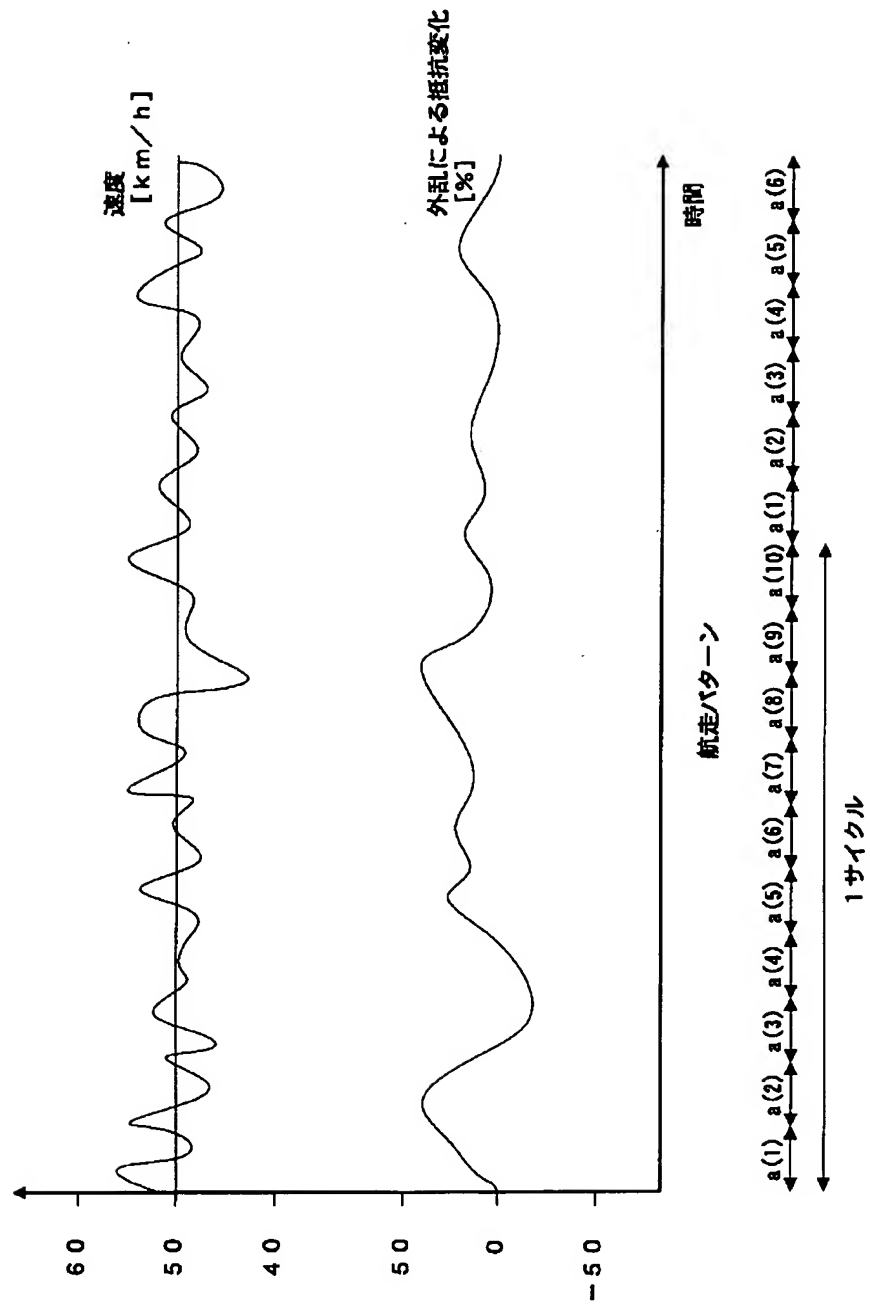


【図7】

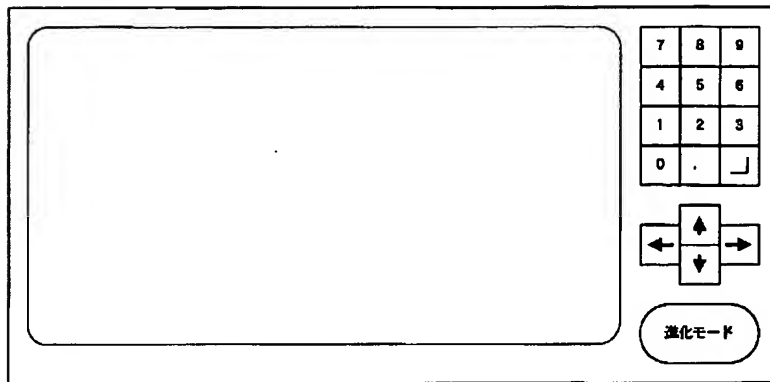




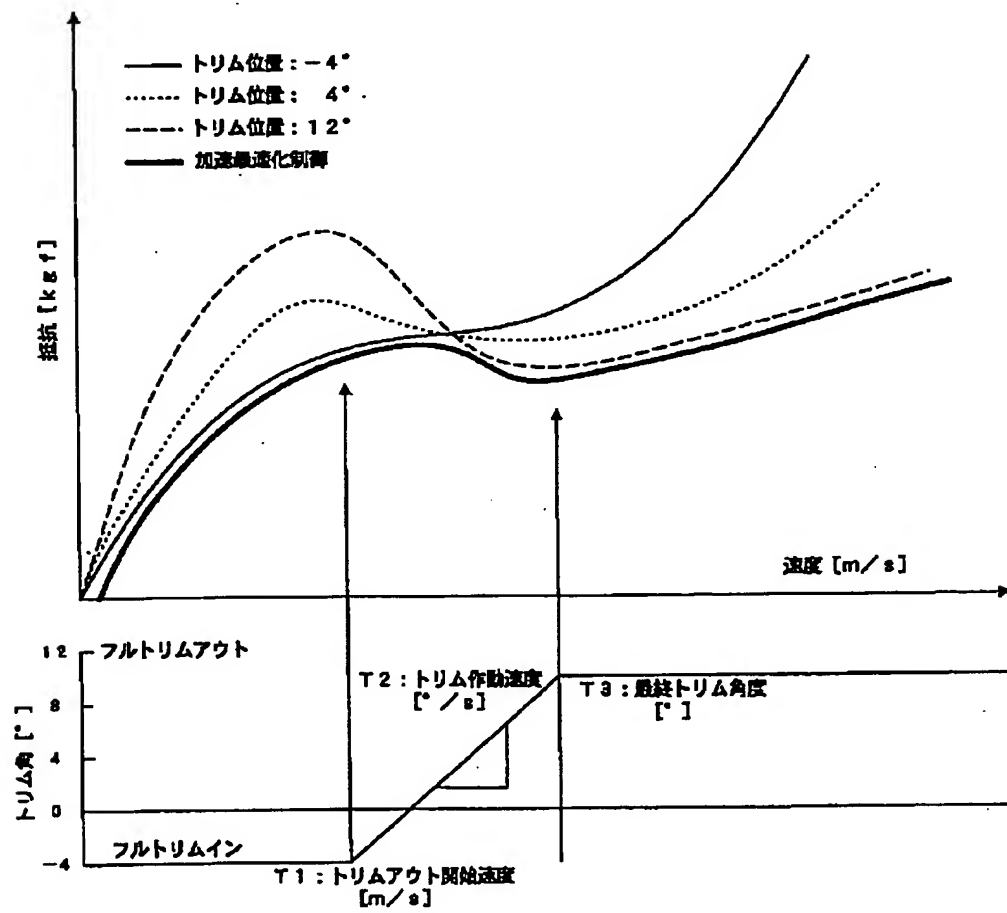
【図8】



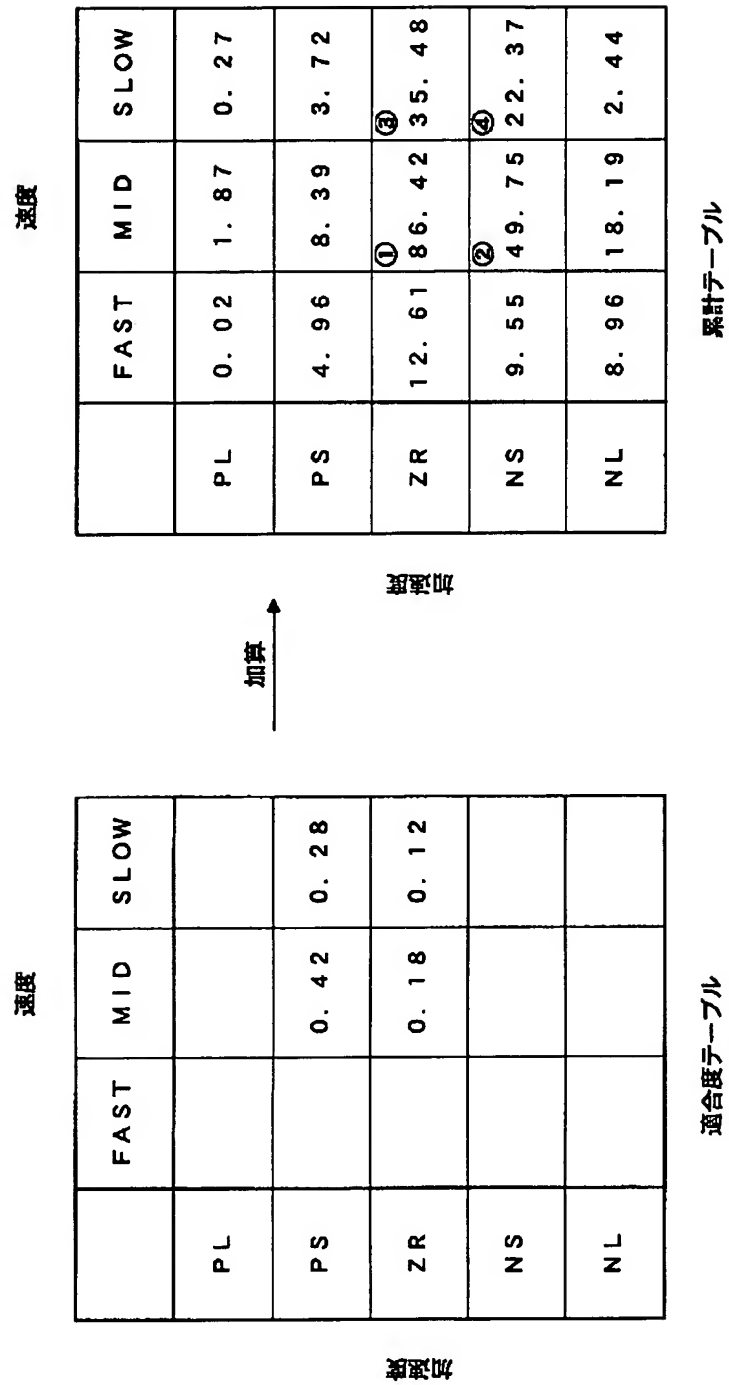
【図9】



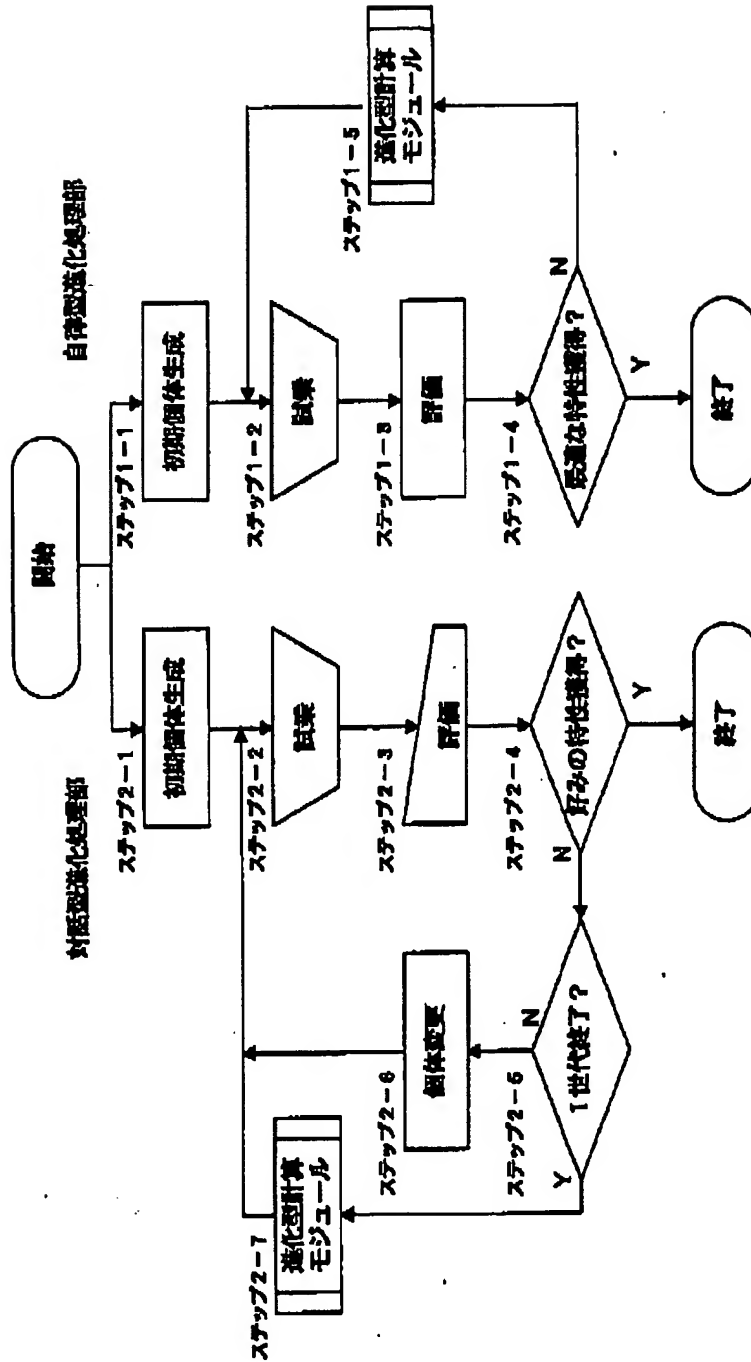
【図11】



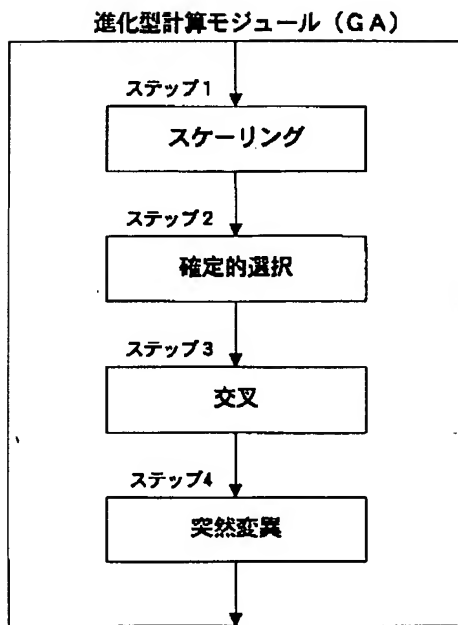
【図10】



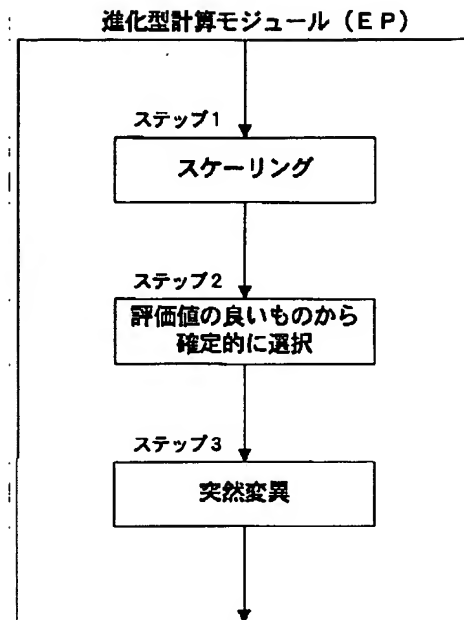
【図13】



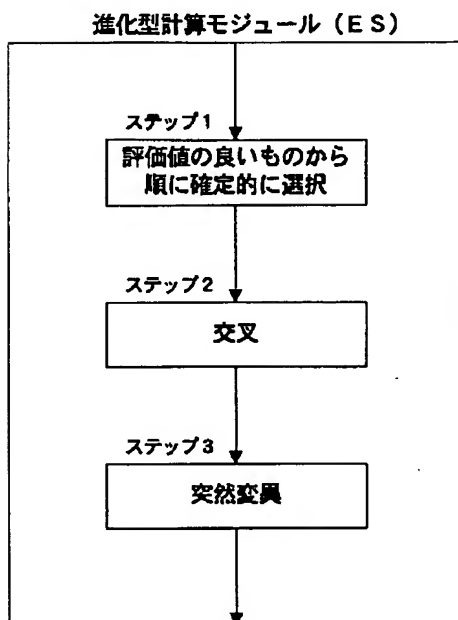
【図14】



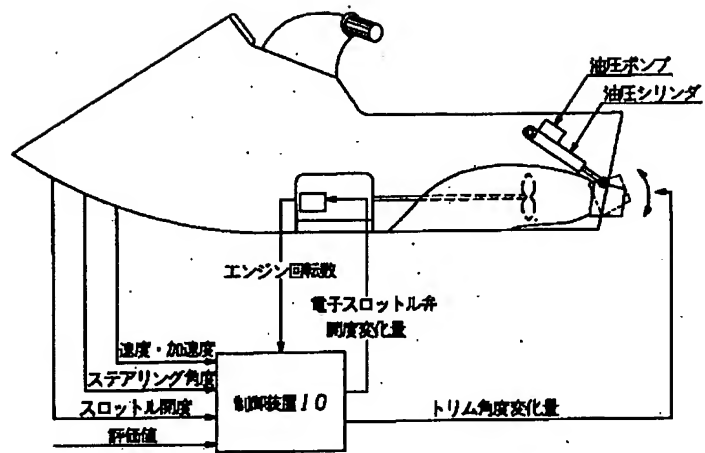
【図16】



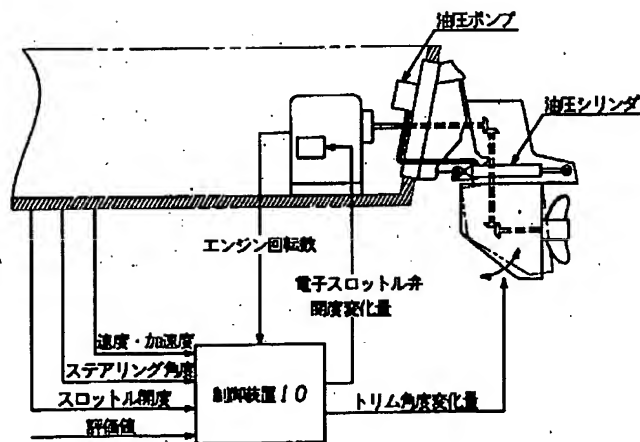
【図15】



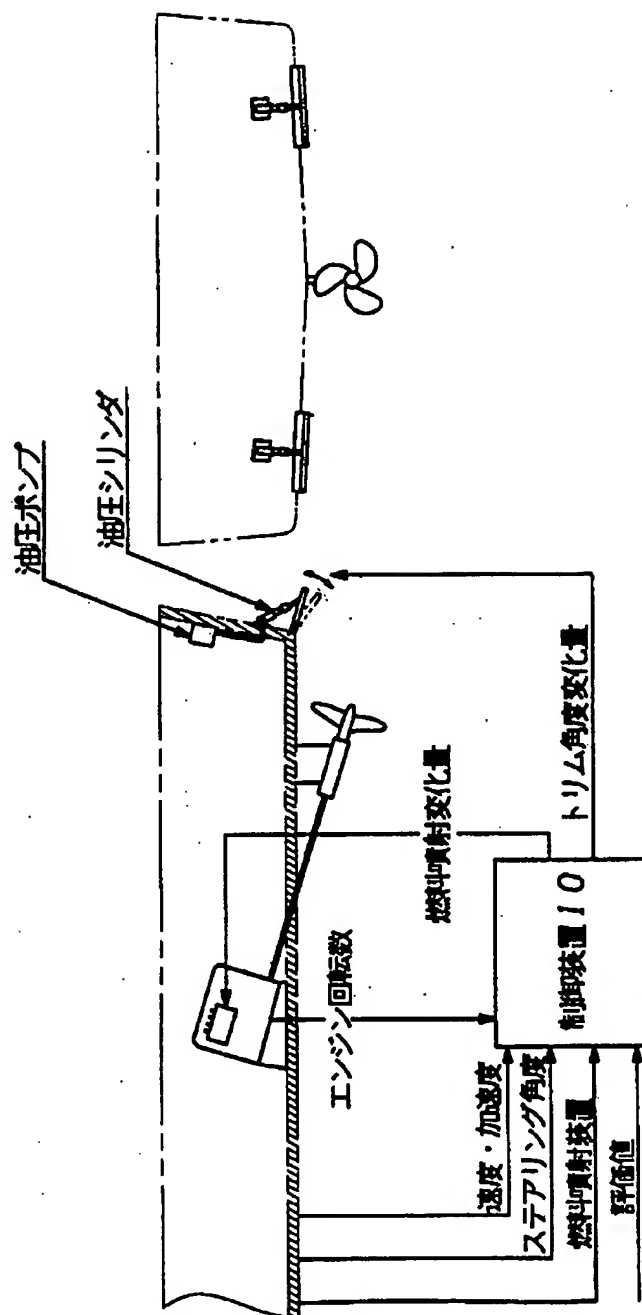
【図17】



【図18】



【図19】



## フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム(参考)
F 0 2 D 9/02		F 0 2 D 11/10	F
	3 5 1	41/04	3 1 0 Z
11/10			3 3 0 Z
41/04	3 1 0	45/00	3 0 5 A
	3 3 0		3 7 0 B
45/00	3 0 5	B 6 3 H 21/26	B
	3 7 0		N

(72)発明者 松下 行男  
静岡県浜松市新橋町1400番地 三信工業株  
式会社内  
(72)発明者 梶 洋隆  
静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内  
(72)発明者 山口 昌志  
静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

F ターム(参考) 3G065 CA22 DA04 GA11 GA35 GA41  
GA46 KA02  
3G084 AA01 AA08 BA05 BA13 CA04  
DA02 DA04 DA25 EA05 EA07  
EB08 EB24 EC04 FA05 FA10  
FA33  
3G093 AA19 AB01 BA19 BA23 CB06  
CB10 CB15 DA01 DA06 DB29  
EA05 EA06 EA09 EC01 FA02  
FA03  
3G301 HA01 HA02 HA26 JA02 KA12  
KB02 KB03 KB04 KB07 LA03  
MA11 NA07 NA08 NA09 NB02  
NB03 NC02 NC08 ND43 ND45  
NE23 PA11Z PE01Z PF00Z  
PF02Z PG00Z